

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР**

**КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени С. П. КОРОЛЕВА**

А. П. НАПАДОВ

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ САМОЛЕТОВ
К ПОЛЕТАМ
МЕТОДАМИ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
И УПРАВЛЕНИЯ**

**Методическое пособие к курсовой работе по курсу
«Техническая эксплуатация самолетов и двигателей»**

**Рассмотрено и утверждено
редакционным советом института
12 июня 1970 года**

КУЙБЫШЕВ 1970

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Задачи и тематика курсовой работы	3
Анализ процесса технической подготовки самолетов к полетам методами сетевого планирования и управления (СПУ)	14
Литература	14
Приложение	15

Александр Петрович Нападов

Методическое пособие к курсовой работе
по курсу «Техническая эксплуатация самолетов и двигателей»

Редактор — И. С. Кольшева

Корректор — Н. П. Гордеева

ЕО00301. Подписано в печать 27.X.1970 г. Цена 15 коп.
Формат 60 × 84¹/₁₆. Объем 1,0 печ. л. Заказ 642. Тираж 2000.

г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151. Тип. УЭЗ КуАИ.

I. ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выполнение курсовой работы преследует цель дальнейшего развития навыков самостоятельной работы при решении студентами конкретных технических задач, связанных с организацией и техническим обслуживанием авиационной техники.

Отличительной особенностью курсовой работы является то, что разработка выбранной или предложенной темы осуществляется студентом на конкретных материалах. С этой точки зрения курсовая работа является квалификационной работой будущего инженера-эксплуатационника.

В процессе выполнения работы студент должен проявить знания и способность правильного применения теоретических положений научных дисциплин, изучаемых в институте; проявить самостоятельный исследовательский подход к решению конкретных производственных задач; показать умение кратко, четко и технически грамотно формулировать свои мысли и предложения.

Студенту предлагается выполнить работу на тему: «Анализ процесса технической подготовки самолетов к полетам методами сетевого планирования и управления (СПУ)».

Средняя трудоемкость выполнения задания рассчитана на 30 часов самостоятельной работы. Объем задания состоит из расчетно-пояснительной записки не более 25 стр. и 1—2-х листов графических работ или эскизов. Фактический объем курсовой работы в каждом отдельном случае конкретизируется преподавателем-консультантом.

Выполненная работа защищается студентом на кафедре в присутствии не менее двух преподавателей.

II. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ САМОЛЕТОВ К ПОЛЕТАМ МЕТОДАМИ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ (СПУ)

Содержание и порядок выполнения работы

Настоящая курсовая работа выполняется на примере решения конкретной производственной задачи и преследует следующие цели:

- ознакомить студента с прогрессивным методом научной организации производства и труда, методом сетевого планирования и управления;

- активизировать изучение и усвоение технологии и регламента технической подготовки самолетов к полетам;

- сделать целенаправленным прохождение студентом производственной практики в эксплуатационных предприятиях гражданской авиации.

Задание на курсовую работу выдается студенту до начала практики (приложение 1).

На базе прослушанных лекций и самостоятельного изучения метода СПУ по литературным источникам студент обязан четко представить сущность метода СПУ, правила построения и методику расчета основных параметров сетевого графика.

В период прохождения производственной практики необходимо изучить технологию и регламент технической подготовки самолета и в соответствии с заданием собрать исходные данные для выполнения курсовой работы. Технология и регламент изучаются путем непосредственного участия студента в работах по технической подготовки самолета к по-

летам в составе бригады (смены) авиационно-технической базы.

К исходным данным для выполнения курсовой работы относятся:

1. Перечень и принятая последовательность выполнения работ, предусмотренных действующим регламентом или технологическими картами.

2. Состав бригады (смены), количество исполнителей работ и их специализация.

3. Продолжительность (трудоемкость) каждого вида работы.

4. Применяемое оборудование и инструмент.

5. Ограничения по технике безопасности и технологии производства.

Весь процесс выполнения работы можно подразделить на три этапа.

Построение логической сети (сетевой модели) комплекса работ по технической подготовке самолета к полетам

На основе исходных данных и тщательного изучения технологии и регламента рекомендуется специализировать исполнителей по видам работ и составить упорядоченный перечень основных событий («библиотеку» событий). Например, при выполнении трудоемких регламентов, при общем числе в девятнадцать исполнителей их специализация может быть принята следующей:

1. Работы на силовых установках выполняют четыре авиатехника.

2. Работы по обслуживанию планера и турбогенераторной установки выполняет один авиатехник.

3. Работы по подготовке шасси и гидросистемы выполняют два авиатехника и два авиамеханика.

4. Работы по подготовке системы управления самолетом и двигателями выполняет один авиатехник.

5. Работы по обслуживанию высотного оборудования и топливной системы выполняет один авиатехник.

6. Работы по обслуживанию бытового и санитарного оборудования выполняет один авиатехник.

7. Работы по подготовке электрооборудования выполняют три авиатехника.

8. Работы по дефектации и проверке приборного, кисло-

родного и противопожарного оборудования выполняют два авиатехника.

9. Работы по проверке и подготовке радиооборудования самолета выполняют два авиатехника.

Приведенный пример не является универсальным, состав бригады и рациональная специализация исполнителей зависят от типа самолета, конкретных условий работы АТБ, уровня механизации работ, срока окончания всего комплекса работ и т. д.

Перечень основных событий («библиотека» событий) включает в себя все значительные события комплекса работ, расположенные в строго последовательном порядке.

Напомним, что под событием (в данном случае) понимают факт свершения одной или нескольких работ, результат выполнения работ. Событие означает итог свершения одних работ и в то же время начало каких-либо других. Продолжительность события во времени равна нулю.

Событие должно быть сформулировано точно, конкретно и ясно. Различают исходное и завершающее события. Исходным событием в нашем случае может быть: «Самолет установлен на стоянку для выполнения регламентных работ» или «Предварительные работы на самолете закончены, можно приступить к выполнению регламента по форме 2». Завершающее событие, представляющее собой конечную цель обслуживания самолета по форме 2 принято инженером ОТК».

Исходное и завершающее события определяют границы планируемого трудового процесса. Между ними располагаются промежуточные события, количество которых зависит от выбора степени детализации планируемой сети. В данной работе рекомендуется ограничиться 25—30 событиями.

Определение всех значительных событий в интервале между первым и последним событиями можно осуществить двумя путями: идти с конца, выявляя все важные события, предшествующие конечному, или двигаться с начала, определяя последующие события, начиная с первого.

Полный перечень событий, расположенных в строго последовательном порядке, обычно представляют в виде таблицы 1.

Таблица 1

№ события		Наименование события
порядковый	предшествующий	

Очевидно, что для перехода от одного события к другому необходимо совершить определенное действие или работу.

Работа — это трудовой процесс, действие, для выполнения которого требуются затраты времени и ресурсов. Каждая работа начинается и кончается событием. Одно и то же событие может быть началом или результатом нескольких работ.

Следовательно, необходимо выяснить и точно сформулировать, какие работы предшествуют каждому событию и следуют за ним. Для этого используются регламент и технология технического обслуживания самолета. Кроме того, каждая работа должна быть оценена во времени (в часах или минутах).

Временные оценки работ устанавливаются опросом компетентных лиц, непосредственных исполнителей, которые отвечают за их выполнение (авиатехник, мастер, инженер) или, наконец, устанавливаются хронометражом.

Используя методы теории вероятностей и математической статистики, обычно определяют среднюю (ожидаемую) продолжительность и дисперсию каждой работы. Для определения средней продолжительности берут две оценки времени: минимальную t_{min} и максимальную t_{max} . Под t_{min} понимают время выполнения работы при наиболее благоприятных условиях, без учета дополнительных затрат времени на устранение дефектов или наименьшее время выполнения работы по статистическим данным; t_{max} — максимальная продолжительность выполнения работы при наиболее неблагоприятных условиях с учетом затрат времени на устранение наиболее трудоемких дефектов или наибольшая продолжительность работы по статистическим данным.

Для установления t_{min} и t_{max} достаточно опросить двух—

трех исполнителей, хорошо знакомых с выполнением работы. Можно использовать также имеющийся в подразделении статистический материал.

Средняя или ожидаемая продолжительность времени каждой работы подсчитывается по формуле, предложенной Д. И. Голенко; $t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}$. Одновременно подсчитывается дисперсия времени продолжительности работ, отражающая меру неопределенности предварительной оценки или степень риска данной продолжительности работы:

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_{max} - t_{min}}{5} \right)^2.$$

Перечень работ в строгой технологической последовательности с указанием количества исполнителей, краткого содержания всех работ, их вероятностных оценок, а также значений средней продолжительности и дисперсий заносят в таблицу 2.

Таблица 2

Шифр работы	Основные системы	Краткое содержание работ	Число исполнителей	Оценка час		$t_{ож}$ час	σ^2
				t_{min}	t_{max}		
	Силовые установки						
	Шасси и т. д.						

На основе данных таблицы 1 и 2 строят логическую сеть или сетевую модель комплекса работ.

Построение логической сети является наиболее сложной частью курсовой работы. Здесь нет шаблона, не существует строго установленного алгоритма. При построении сети необходимо учитывать множество факторов, зависящих от осо-

бенностей планируемого процесса производства. Можно рекомендовать лишь наиболее общие соображения, необходимость соблюдения которых очевидна.

Обычно принято обозначать событие кружком, а работу стрелкой. События в виде кружков располагают на листе бумаги с соблюдением технологической последовательности. Затем соединяют события стрелками, получая таким образом сеть или сетевой график.

Длина стрелок не имеет значения, но последовательность соединения кружков стрелками, их взаимное расположение должны давать полное представление о работах, которые необходимо завершить прежде, чем последующие работы могут быть начаты и закончены. В нашем случае после того, как свершилось событие «Предварительные работы закончены», можно выполнять работы параллельно на всех системах самолета. Выделение параллельных работ, выполняемых одновременно на разных системах, сокращает общий срок выполнения всего комплекса работ и является одним из преимуществ сетевого планирования. При этом следует учитывать возможности производства и ограничения по технике безопасности. Так, например, ограничивается число исполнителей, одновременно работающих в пилотской кабине, нише шасси и других отсеках самолета. При заправке самолета топливом запрещается выполнять работы по проверке бортовых радиостанций и электрического оборудования, существуют и другие ограничения.

При вычерчивании логической сети необходимо соблюдать общие правила построения сетевых графиков: на графике не должно быть «тупиковых» событий и работ, замкнутых контуров (петель), все стрелки должны быть по возможности направлены слева направо, между двумя событиями может быть проведена только одна стрелка. Каждое событие в сети должно иметь свой номер. При нумерации сети очень важно придерживаться такого правила: данное событие не может наступить до тех пор, пока не наступили все события с меньшими номерами, а работа в сетевом графике всегда должна идти от события с меньшим номером к событию с большим номером. Пример вычерченного графика приводится в приложении 2.

Построением логической сети заканчивается начальный этап анализа сетевого графика.

II. Расчет параметров сетевого графика

Необходимо определить следующие параметры сетевого графика:

$t_{\text{рн}}(i, j)$ — ранний срок начала работы;

$t_{\text{пн}}(i, j)$ — поздний срок начала работы;

$t_{\text{ро}}(i, j)$ — ранний срок окончания работы;

$t_{\text{по}}(i, j)$ — поздний срок окончания работы;

$P_{\text{п}}(i, j)$ — полный резерв времени работы;

$P_{\text{с}}(i, j)$ — свободный резерв времени работы,

где i, j — шифр работы,

i — номер начального события, за которым непосредственно следует данная работа;

j — номер конечного события, которому непосредственно предшествует данная работа:

Эти параметры определяются по формулам:

$$t_{\text{ро}}(i, j) = t_{\text{рн}}(i, j) + t_{\text{ож}}(i, j),$$

$$t_{\text{рн}}(j, k) = t_{\text{ро}}(i, j) \text{ где } (j, k) \text{ — последующая работа;}$$

$$t_{\text{рн}}(j, k) = \max t_{\text{ро}}(i, j), \text{ если работе } (j, k) \text{ предшествует несколько работ;}$$

$$t_{\text{пн}}(i, j) = t_{\text{по}}(i, j) - t_{\text{ож}}(i, j);$$

$$t_{\text{по}}(i, j) = t_{\text{пн}}(j, k) \text{ или } t_{\text{по}}(i, j) = \min t_{\text{пн}}(j, k), \text{ если за данной работой следует несколько работ.}$$

$$P_{\text{п}}(i, j) = \begin{cases} t_{\text{пн}}(i, j) - t_{\text{рн}}(i, j) \\ t_{\text{по}}(i, j) - t_{\text{ро}}(i, j) \end{cases}$$

$$P_{\text{с}}(i, j) = t_{\text{рн}}(j, k) - t_{\text{ро}}(i, j) = t_{\text{рн}}(j, k) - t_{\text{рн}}(i, j) - t_{\text{ож}}(i, j).$$

Расчеты параметров сетевого графика обычно ведут табличным способом.

Таблица 3

Количество предшествующих работ	Шифр работы	$t_{\text{ож}}$	$t_{\text{рн}}(i, j)$	$t_{\text{ро}}(i, j)$	$t_{\text{пн}}(i, j)$	$t_{\text{по}}(i, j)$	Резерв		$K_{\text{п}}(i, j)$	σ^2
							$P_{\text{п}}(i, j)$	$P_{\text{с}}(i, j)$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Графы 1, 2 и 3 заполняются на основе построенного сетевого графика и таблицы 2.

Графы 4 и 5 заполняются одновременно, соответствующие значения подсчитываются по приведенным выше формулам.

Графы 6 и 7 также заполняются одновременно, но в обратном порядке (снизу вверх). Далее подсчитываются резервы времени по каждой работе.

Коэффициент напряженности работы $K_n(i, j)$, характеризующий степень напряженности сроков выполнения работ, определяется по формуле:

$$K_n(i, j) = \frac{t(L)_{max} - t'_{кр}(L)}{t_{кр} - t'_{кр}(L)}$$

или

$$K_n(i, j) = 1 - \frac{P_n(i, j)}{t_{кр} - t'_{кр}(L)},$$

где $t(L)_{max}$ — длина максимального пути, проходящего через данную работу (i, j) ;

$t_{кр}$ — критический путь, путь наибольшей продолжительности, т. е. срок выполнения всего комплекса работ или срок свершения завершающего события;

$t'_{кр}(L)$ — часть критического пути, которая лежит на максимальном пути, проходящем через работу (i, j)

Значения σ^2 (графа 11) переносятся из таблицы 2 только для критических и наиболее напряженных работ ($K_n(i, j) > 0,75$).

Корректировка графика

Метод СПУ не обеспечивает математически оптимального решения при выборе варианта плана.

Однако показатели исходного сетевого графика могут быть существенно улучшены за счет резервов времени и перераспределения материальных и трудовых ресурсов.

Прежде всего, необходимо оценить вероятность выполнения планируемого комплекса работ в установленный директивный срок.

Для этого подсчитывается аргумент нормальной функции распределения вероятностей z по формуле:

$$z = \frac{t_{дир} - t_{кр}}{\sqrt{\sum \sigma^2_{кр}}},$$

где $t_{\text{дир}}$ — директивный срок окончания всего комплекса работ;

$t_{\text{кр}}$ — продолжительность критического пути;

$\Sigma z^2_{\text{кр}}$ — сумма дисперсий ожидаемой продолжительности всех работ критического пути.

Зная z , по графику определяют нормированную вероятность B выполнения всего комплекса работ в директивный срок.

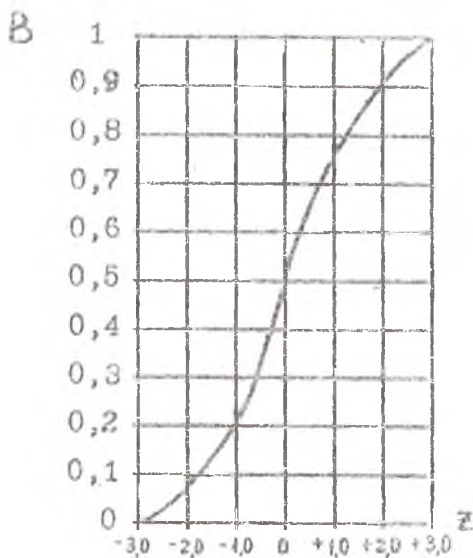


Рис. 1. Определение вероятности.

Принято считать, что если вычисленная вероятность находится в пределах $B = 0,35 \div 0,65$, то выполнение работ гарантировано в заданный срок.

Для большей уверенности следует рассчитать вероятность успеха (B) и для подкритических путей.

В тех случаях, когда построенный сетевой график не обеспечивает своевременного выполнения запроектированного комплекса работ с достаточной степенью вероятности, необходимо произвести корректировку (перепланирование) графика. Перепланировка производится и в тех случаях, когда

отдельные работы исходного графика имеют слишком большие резервы времени. В любом случае следует исходить из того, что всегда можно улучшить полученный вариант плана, каким бы хорошим он не казался.

Корректировку сетевого графика рекомендуется начинать с анализа работ критического и подкритических путей. При этом обращается внимание, прежде всего, на работы, лежащие в начале этих путей. Необходимо тщательно изучить характер работы, оборудование, применяемое при ее выполнении, использование трудовых и материальных ресурсов.

Корректировка сети может быть произведена по критериям: «время», «трудовые ресурсы», «материальные ресурсы», «денежные затраты», «себестоимость».

Сокращения общего времени производства работ можно добиться следующими приемами:

1) заменой последовательного выполнения работ параллельным их выполнением без нарушения требований технологии производства;

2) перераспределением ресурсов между работами сетевого графика или привлечением дополнительных ресурсов;

3) введением изменений в технологию производства работ.

Введение параллельных работ производят за счет расчленения последовательных работ большой продолжительности. Этот прием весьма эффективен, но не всегда может быть использован из-за технологических ограничений. Обычно мало остается работ, которые можно переводить на параллельное выполнение при условии тщательной технологической проработки первоначального варианта сети.

Второй прием является основным. Использование свободных резервов времени некритических работ за счет перевода людских и материальных ресурсов с этих работ на работы критического пути позволяет сократить сроки выполнения программ в целом. При этом необходимо учитывать удлинение некритических работ, а также, какие именно ресурсы и сколько можно снять с одних работ и можно ли их использовать на других работах.

Третий прием состоит в сокращении продолжительности выполнения отдельных трудоемких работ путем введения технологических изменений в условия производства работ или за счет организационно-технических мероприятий. Сокращения продолжительности работы можно добиться методами повышения производительности труда: внедрением ме-

ханизации, более совершенного оборудования и инструмента, освоением передовых приемов и методов труда и т. д. Возможно также удаление отдельных работ из сетевого плана, если оно допускается технологией и ограничениями на качество выполнения работ.

Следует, однако, предостеречь от волевых приемов сокращения ожидаемой продолжительности работы, без согласования с непосредственными исполнителями, поскольку такие приемы ведут к дискредитации сетевого метода и провалу плана.

Корректировка сетевого графика тремя указанными приемами сокращает критический путь, меняя одновременно и соотношение продолжительностей критического и некритических путей. После нескольких циклов перепланирования количество критических и подкритических путей увеличивается. Это не всегда хорошо. Здесь необходимо руководствоваться здравым смыслом, основанном на опыте и знании производства.

Любое перепланирование первоначального варианта сетевого графика вызывает необходимость пересчета параметров сети и, как правило, приходится заново вычерчивать сетевой график.

Корректировка сетевого графика по критериям «трудовые и материальные ресурсы», «денежные затраты» и «себестоимость» в данной курсовой работе не производится.

В случае индивидуального задания студент должен самостоятельно ознакомиться с методами корректировки по указанным критериям, используя специальную литературу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные положения по разработке и применению систем сетевого планирования и управления. М., «Экономика», 1965.
2. Г. Э. Параубек. Сетевое планирование и управление. М., «Экономика», 1967.
3. А. В. Мирошников, А. Н. Хижняк. Основы сетевого планирования и управления в гражданской авиации. Рига, 1967.
4. И. М. Сыроежкин. Азбука сетевых планов. Лекции по сетевому планированию. М., «Экономика», 1966.
5. Н. А. Кофман, Г. Дебазей. Сетевые методы планирования. М., «Прогресс», 1968.
6. И. А. Задейкман, А. Я. Маргулис. Математика в сетевом планировании. «Знание», М., 1967.

З А Д А Н И Е
НА КУРСОВУЮ РАБОТУ
ПО КУРСУ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ САМОЛЕТОВ
И ДВИГАТЕЛЕЙ»

Выдано студенту _____

Срок выполнения _____

Консультант _____

Тема: АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
К ПОЛЕТАМ САМОЛЕТА _____ ПО ФОРМЕ _____
МЕТОДАМИ СПУ.

Порядок выполнения:

1. Изучение регламента и технология тех. обслуживания.
2. Определение количества исполнителей и трудоемкости каждой операции, необходимого оборудования, инструмента и приспособлений.
3. Построение сетевой модели комплекса работ.
4. Расчет графика.
5. Корректировка (оптимизация) графика.

Объем задания: 20—25 стр. расчетно-пояснительной записки, 1—2 листа графических работ или эскизов.

Трудоемкость задания: 30 часов.

Рекомендуемая литература:

1. Регламент и технология технического обслуживания.
2. А. В. Мирошников, А. Н. Хижняк. Основы сетевого планирования и управления в гражданской авиации. Рига, 1967.
3. Г. Э. Параубек. Сетевое планирование и управление. «Экономика», М., 1967.
4. Основные положения по разработке и применению систем СПУ. М., «Экономика», 1965.

Зав. кафедрой

